

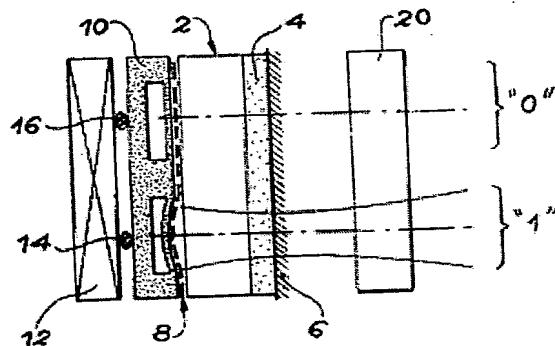
Microlaser mosaic image projection

Patent number: FR2777124
Publication date: 1999-10-08
Inventor: GIDON SERGE; FULBERT LAURENT; DIEM BERNARD
Applicant: COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE (FR)
Classification:
- **international:** G02B26/00; H01S3/23; H01S3/02; H01S3/10; H01S3/109; H01S3/113; G02B26/00; H01S3/23; H01S3/02; H01S3/10; H01S3/109; H01S3/11; (IPC1-7): H01S3/02; G02B26/02; G02B27/18; H01S3/10
- **European:** G02B26/00C; H01S3/23
Application number: FR19980010141 19980806
Priority number(s): FR19980010141 19980806

[Report a data error here](#)

Abstract of FR2777124

The image projector consists of a number of microlasers arranged in a matrix. Each microlaser unit comprises an optical cavity bounded by an entrance mirror (8) and an exit mirror (6). An active lasing medium (2) and modulation media (10,12) are also placed in the microlaser resonator



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 777 124
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 98 10141

(51) Int Cl⁶ : H 01 S 3/02, H 01 S 3/10, G 02 B 27/18, 26/02

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 06.08.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.10.99 Bulletin 99/40.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de caractère scientifique technique et industriel — FR.

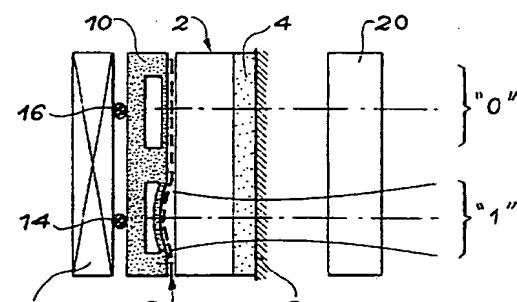
(72) Inventeur(s) : GIDON SERGE, FULBERT LAURENT et DIEM BERNARD.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) PROJECTEUR D'IMAGES A MOSAIQUE DE MICROLASERS.

(57) L'invention concerne un dispositif élémentaire de projection d'images, comportant une pluralité de sources microlasers disposées en matrice, chaque source comportant une cavité délimitée par un miroir d'entrée (8) et un miroir de sortie (6), ainsi qu'un milieu actif laser (2) et des moyens (10, 12) pour moduler, en intensité, chaque source microlaser.



FR 2 777 124 - A1



PROJECTEUR D'IMAGES A MOSAIQUE DES MICROLASERS

Domaine technique et art antérieur

La présente invention porte sur la réalisation d'un projecteur d'images utilisant une mosaïque de microlasers solides. Le dispositif est susceptible d'une forte brillance et d'une bonne résolution avec un faible coût de fabrication.

La projection d'images trouve des applications partout où un grand nombre de personnes doit être touché par l'information. On identifie des applications en milieu industriel, avec les synoptiques, ou sur les lieux publics avec les panneaux signalétiques, vecteurs d'une information évolutive (affichage dans les gares) ou animée (publicitaire). De telles applications nécessitent des moyens de projection simples et efficaces.

D'autres applications concernent le domaine des corrélateurs optiques pour lesquels des plans images de forte brillance sont éventuellement recherchés.

Le dispositif décrit est bien un système de projection d'images, et non un produit concurrent des imageurs du type écrans CRT ou LCD (bien que ces domaines d'applications puissent être envisagées). Une des applications principales concerne donc le domaine de la projection d'images de grandes tailles (par exemple supérieures à 25 pouces).

Trois techniques de projection sont connues.

Une première technique met en oeuvre des "valves" optiques jouant le rôle de filtre spatial sur le faisceau d'une source de lumière blanche. Différents types de valves ont été utilisés :

- cristaux liquides, à matrice active ou non,

- cristaux liquides en mode diffractif,
- micromiroirs mobiles réalisés en microtechnologie (décris par exemple dans l'article "The mirror Matrix Tube : A novel Light Valve for projection displays", R. Noel Thomas, Jens Guldberg, IEEE Trans on Elect. Devices, 22, n° 9, septembre 75.

Une autre technique met en oeuvre des tubes images (CRT) de très forte brillance (Ex. Barco...).

Une troisième technique met en oeuvre un balayage de trois faisceaux lasers de couleurs différentes.

De plus amples informations sur ces techniques peuvent être trouvées dans l'article "Optical efficiency of lightwave projectors", W.E. Glenn, Proc. of IEEE, proj. Display II, San Jose, vol 2650, 1996.

L'inconvénient des deux premières techniques mentionnées est la limitation en puissance du projecteur, du fait de la transmission limitée des filtres pour la première et, pour l'autre, des performances limitées des phosphores existants.

L'inconvénient de la troisième méthode est la complexité du dispositif mis en oeuvre, lié au besoin de cadence de modulation élevée dans le but d'obtenir des images à haute résolution.

Récemment, a été proposé ("Laser pixels may form images in projection TV", Nabil Lawandy, Joel Firehammer, Laser Focus World, May 1997) un dispositif de projection d'images reposant sur la fragmentation d'un faisceau laser (colorant) par un modulateur à cristaux liquides.

On ne connaît pas de dispositif alliant les avantages des techniques précédemment évoquées, à savoir une résolution élevée et une forte brillance.

Exposé de l'invention

L'invention a tout d'abord pour objet un dispositif élémentaire de projection d'images, 5 comportant une pluralité de sources microlasers disposées en matrice, chaque source comportant une cavité délimitée par un miroir d'entrée et un miroir de sortie, ainsi qu'un milieu actif laser et des moyens pour moduler, en intensité, chaque source microlaser.

10 Le système de projection d'images, objet de l'invention repose sur des sources lasers disposées en mosaïque d'émetteurs.

15 Les sources lasers envisagées sont du type lasers solides pompé par diodes qui, bien qu'émettant des longueurs d'onde situées généralement dans le proche IR, sont susceptibles, par doublage de fréquence optique, de fournir des longueurs d'onde dans le visible : le YAG:Nd³⁺ en particulier, par doublement des 20 trois raies fondamentales (1318, 1064, 946 nm) fournit les longueurs d'ondes monochromatiques R, V, B : 659, 532, 473 nm.

25 Le dispositif, objet de l'invention peut donc être de type projection trichrome et permet ainsi d'obtenir des images aux couleurs vives, éventuellement même en forte lumière ambiante (bon contraste) avec un écran spécifique.

30 Le système projecteur peut donc être constitué de la mise en parallèle de trois dispositifs analogues de projection d'image, dédiés à chacune des longueurs d'onde (R, V, B). La mise en parallèle peut être réalisée par recouvrement optique des trois faisceaux par exemple au moyen d'un prisme mélangeur de longueur d'ondes.

Dans l'invention, selon un premier mode de réalisation, une image est considérée comme un ensemble de points lumineux (Pixels) avec des niveaux d'intensité spécifiques et ceci dans chacune des 5 composantes de couleurs de base (mode R, V, B). Lorsque l'image projetée est à haute résolution (par exemple : au minimum 1024x768) et lorsque la mosaïque doit rester de dimension compatible avec les procédés de fabrication, chaque pixel doit être de petite taille. 10 Typiquement une mosaïque a alors une taille de l'ordre de 50 mm, et le motif d'un émetteur élémentaire n'excède par 50 μ m.

Le mode de fabrication des microlasers "solides" basé sur un processus collectif, se prête à 15 la réalisation de mosaïques d'émetteur pour chaque dispositif élémentaire de projection.

Une description précise de ce mode de fabrication est donnée dans le document EP-653 824 (US-5 395 494). Le procédé de fabrication consiste à 20 réaliser ensemble tous les émetteurs (gravure de la forme des cavités, technologie de déclenchement, doublage de fréquence, dépôt des miroirs,...). Finalement, les microlasers sont individualisés par découpe, juste en fin de procédé. Cette dernière étape 25 de découpage n'est plus nécessaire dans le cas de l'invention. C'est en effet en mosaïque d'émetteurs que les microlasers sont utilisés.

La petitesse du motif d'émetteurs peut être la cause de la diaphotie entre émetteurs. La faible 30 épaisseur des microlasers solides permet de l'éviter. Selon l'article de N. Lawandy déjà cité ci-dessus, le nombre de Fresnel N_f défini par :

$$N_F = \frac{a \cdot b}{2 \lambda n L},$$

avec :

a : taille du pixel,

b : distance entre pixels

5 L : épaisseur du laser,

n : indice du matériau laser ($\approx 1,5$),

doit être au moins égal à 2.

10 Avec des pas de motif de mosaïque de $50\mu\text{m}$, la longueur de la cavité (L) des lasers doit, selon cette condition, être plus petite que 0,8mm.

Selon cette contrainte géométrique, deux approches possibles de configuration de doublage de fréquence optique (intra ou extra cavité), peuvent être choisies.

15 Le doublage intracavité est envisageable avec l'avantage d'un rendement de doublage a priori plus important. Cependant, la contrainte d'épaisseur de cavité laser pourrait dans certains cas induire un rendement de pompage du microlaser limité (épaisseur du 20 milieu absorbant faible). La solution du doublage externe est alors préférée.

La configuration de doublage extracavité est parfaitement compatible avec la technologie (actuelle) des microlasers, et permet de respecter l'épaisseur 25 limitée de la cavité. Le procédé de déclenchement décrit dans le document EP-653 824, avec la maîtrise d'une technologie d'absorbant saturable en fine épaisseur permet, en effet, un fonctionnement déclenché (passivement) des microlasers, avec la génération 30 d'impulsions lumineuses géantes, de forte puissance crête. Cette puissance crête élevée peut alors être mise à profit pour réaliser des longueurs d'onde dans

le domaine visible, par doublage de fréquence (effet non linéaire optique).

Chacun des émetteurs de la mosaïque est modulé
5 en intensité afin de fournir, sur chacune des composantes de couleur, une information en niveau de "gris". La commande utilisée est de préférence du type tout ou rien, avec rapport cyclique variable (PWM, Pulse Width Modulation), pour définir ces niveaux de
10 gris ou les intensités moyennes.

Le fonctionnement, ou l'arrêt, de l'émission laser peut être commandé par divers moyens comme ceux décrits dans le document EP-657 976, ou (de préférence) par des dispositifs de type MOEMS ("Micro-Opto
15 Electro-Mecanical Systems"). On peut envisager plusieurs solutions :

- par obturateur intracavité, réalisé en un équipage mobile,
- par modification de la géométrie de la cavité laser,
20 avec passage d'états de cavité stable à instable.

Cette deuxième solution est déclinable en variantes définies par le mode de contrôle de la stabilité de la cavité.

Par exemple, le miroir peut être mobile et
25 inclinable, ou déformable. Le changement de forme du miroir laser (plan/concave) peut être par exemple réalisé par déformation d'une membrane réalisée en microtechnologie (MOEMS).

L'ensemble des membranes est par exemple
30 réalisé en silicium. L'épaisseur des membranes n'excède pas, par exemple, 0,5µm.

Les miroirs de cavités lasers (métalliques ou multidiélectriques) à coefficient de réflexion élevé

sont alors obtenus par dépôt, sur l'ensemble des membranes, en fin de procédé, au cours d'un procédé de fabrication collectif.

5 L'invention a également pour objet un dispositif de projection d'images comportant plusieurs dispositifs élémentaires tels que décrits ci-dessus. Chaque dispositif élémentaire émet à une longueur d'onde qui lui est propre.

10 Le recouvrement de faisceaux à partir des mosaïques d'émetteurs des dispositif élémentaires peut être obtenu avec un dispositif optique, par exemple de type de coin de cube.

15 Chaque mosaïque est de préférence pompée optiquement par la face par laquelle les faisceaux des microlasers sont émis. Ainsi, plusieurs modes de pompage "de face" sont envisageables :

- un pompage frontal, normal à la face par laquelle les faisceaux microlasers sont émis,
- un pompage comme les lasers de puissance de type lasers-disque,
- un pompage de la mosaïque, en configuration d'onde guidée.

25 Le système de projection d'images, décrit précédemment, repose sur une correspondance point à point des éléments de la mosaïque d'émetteurs avec les pixels de l'image.

30 Un autre mode de réalisation met en oeuvre une mosaïque à moindre nombre de points, mais intégrant un balayage des faisceaux (le cas extrême de cette configuration correspond aux systèmes de projection d'images à trois lasers (R, V, B) balayés).

Une configuration typique de ce dispositif peut être par exemple constitué d'une mosaïque de lasers de seulement un millier d'émetteurs ($\approx 30 \times 30$ émetteurs en répartition carrée) associée à un dispositif de balayage de l'ensemble des faisceaux.

Par rapport à la première configuration décrite, cette deuxième configuration optimise un certain nombre de paramètres :

- le nombre plus restreint d'émetteurs de la mosaïque (1000 au lieu d'un million) permet d'en réduire la taille. Avec un pas entre émetteurs de $100\mu\text{m}$ (qui est aussi plus tolérant en regard de la relation (1) déjà donnée ci-dessus), la taille de mosaïque n'est que de 3 mm. Le circuit de commande (MOEMS) est lui aussi plus petit et, finalement le prix du composant constitué par les émetteurs modulables peut être réduit (fabrication collective).
- La réduction de la taille de la mosaïque est aussi favorable à une configuration de pompage efficace. La configuration de pompage "laser disque" est ainsi relativement aisée à mettre en oeuvre.

La superposition des faisceaux de plusieurs mosaïques pourra être par exemple réalisée suivant les méthodes décrites précédemment (cube séparateur) ou plus simplement par proximité des mosaïques : celles-ci étant petites, l'erreur de parallaxe reste faible.

Brève description des figures

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation,

donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1 est un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

5 - La figure 2 donne la puissance émise par un microlaser, en fonction de la puissance de pompe incidente, pour deux types de cavités microlasers : stable et plan-plan.

10 - La figure 3 représente un dispositif comportant trois dispositifs élémentaires de projection d'images selon l'invention.

- La figure 4 représente, pour trois dispositifs élémentaires de projection d'images selon l'invention, une configuration de pompage frontal.

15 - La figure 5 est un détail du système optique permettant la projection de faisceaux divergents et la focalisation du faisceau de pompage en des points multiples.

20 - La figure 6 représente le pompage d'un dispositif élémentaire de projection d'images selon l'invention, en configuration "laser-disque".

- La figure 7 représente le pompage d'un dispositif élémentaire de projection d'images selon l'invention, en configuration "en onde guidée".

25 - La figure 8 est un dispositif de projection comportant un dispositif élémentaire de projection d'images selon l'invention et un dispositif de balayage, selon un autre mode de réalisation de l'invention.

30 Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 représente un premier mode de réalisation d'un dispositif élémentaire de projection d'images selon l'invention. Ce dispositif comporte une couche 2 d'un matériau actif laser. Ce matériau est en 5 général un matériau diélectrique. Un tel matériau est constitué d'un matériau de base (par exemple : YAG) muni d'un dopant lui conférant des propriétés de milieu actif laser (par exemple : Nd^{3+} , dans du YAG pour une émission à $1,06\mu m$). Divers matériaux et dopants 10 possibles, en fonction des longueurs d'onde d'émission souhaitées, sont donnés dans le document EP-653 824. Sur la figure 1, le matériau laser est associé à une couche 4 d'un matériau absorbant saturable. Divers exemples de ce matériau, ainsi que les propriétés de 15 l'élément absorbant saturable, sont décrites dans le document EP-653 824 précité. Ce document décrit également la réalisation d'un absorbant saturable sous forme de couche mince, directement sur le milieu actif laser 2.

20 La cavité de chaque microlaser est définie par un miroir d'entrée 6 et un miroir de sortie 8 de cavité.

25 La figure 2 donne la puissance P_e émise par chaque microlaser en fonction de la puissance P d'un faisceau de pompage incident, et ceci pour une cavité plan-plan (courbe I) et pour une cavité stable (courbe II).

30 Par conséquent, selon l'invention, on cherche à moduler la puissance d'émission de chaque microlaser en transformant la cavité, initialement stable, de chaque microlaser, en cavité instable. A puissance de pompage égale, le passage de l'état stable à l'état instable

permet donc d'atteindre un niveau d'émission du microlaser plus important.

Pratiquement, on peut chercher à réaliser un changement de forme du miroir 8 du microlaser, par 5 déformation d'une membrane 10, réalisée en microtechnologie. Ce type de membrane peut être par exemple réalisé en silicium, suivant le procédé décrit dans le document de P.Rey et al., "A high density capacitive pressure sensor array for fingerprint sensor 10 application" IEEE transducers, 1997, (Chicago, pp. 1453-1456). L'épaisseur des membranes est, par exemple, inférieure ou égale à $0,54\mu\text{m}$. A la membrane 10 est associé un circuit d'adressage 12. Le circuit 15 d'adressage permet de commander plusieurs microlasers individuellement (sur la figure 1, deux microlasers sont représentés, l'un en état éteint "0", l'autre en émission "1"). Un dispositif de projection selon l'invention peut même comporter, par exemple, environ 10⁶ microlasers réalisés à partir de la même plaquette 20 2 de matériau actif laser.

L'assemblage de l'ensemble des membranes 10, avec la mosaïque des sources 2, est assuré par des procédés d'hybridation de "tranche", qui sont des procédés classiques en technologie silicium (collage, 25 ou adhérence, ou fusion de billes). De tels procédés sont décrits par exemple dans Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 1, n° 3, up. 139-166 (1991).

Le miroir 8, métallique ou multidiélectrique, à coefficient de réflexion élevé, peut être obtenu par 30 dépôt du matériau du miroir sur l'ensemble des membranes 10, en fin de procédé, ou au cours d'un procédé de fabrication collectif.

Le circuit de commande 12 est, soit intégré dans la tranche de silicium qui supporte les membranes 10, soit hybridé par des procédés de report, par exemple à l'aide de billes 14, 12 (voir la référence 5 ci-dessus pour les techniques d'assemblage).

Sur la figure 1, le dispositif est également associé à des moyens 20 de doublage de la fréquence du faisceau émis par les microlasers. C'est, par exemple, un cristal de phosphate de titane et potassium (KTP). 10 Ce cristal peut être plaqué sur le miroir 6, l'ensemble constituant alors un assemblage monolithique. Ce cristal peut aussi être incorporé à l'intérieur de la cavité microlaser, comme expliqué dans le document FR-95 05650.

15 Le schéma de la figure 1 montre deux microlasers du dispositif élémentaire de projection d'images, l'un d'entre eux étant éteint (état "0") tandis que l'autre est allumé (état "1") et émettant à une longueur d'onde définie par la nature du matériau 20 laser 2.

Un dispositif élémentaire de projection d'images peut comporter un nombre N d'émetteurs microlasers élémentaires. Ce nombre N peut être quelconque et important, par exemple : $N=10^6$. 25

Il est possible d'assembler ou de réunir plusieurs dispositifs élémentaires de projection d'images de manière à réaliser un dispositif complexe de projection d'image tel que celui illustré sur la 30 figure 3, où trois dispositifs élémentaires, 22, 24, 26 sont réunis. Chacun de ces dispositifs élémentaires, par le choix du milieu actif laser 2 correspondant, émet à une longueur d'onde déterminée. Par exemple,

l'un émet dans le bleu (B), un autre dans le vert (V) et le troisième dans le rouge (R). Les faisceaux des trois dispositifs sont superposés à l'aide d'un dispositif optique 28, par exemple un dispositif de 5 coin de cube. Un tel dispositif est par exemple commercialisé par la Société Balzers ("Thin Films Color Cube").

Le pompage des dispositifs élémentaires est réalisé à l'aide de moyens de pompage optique 30 10 (figure 4). Lorsque ce pompage optique a lieu à des longueurs d'onde dans le proche infrarouge (typiquement : 808 nm), le silicium du circuit de commande 12 n'est pas transparent pour ces longueurs d'onde. On cherche donc alors à assurer un pompage "de 15 face" des mosaïques.

La figure 4 représente un pompage complètement frontal, normal à la surface d'émission de chaque mosaïque. Une lame dichroïque 32 permet de réfléchir, en direction des mosaïques, le faisceau de pompage émis 20 par le dispositif de pompage 30. Cette lame dichroïque 32 laisse passer, en direction d'un système optique de projection 34 le faisceau 36 qui résulte de la projection des faisceaux émis par les différents dispositifs émetteurs 22, 24, 26 élémentaires.

25 Un ensemble de microlentilles 42, 44, 46 est placé au voisinage de chacune des mosaïques d'émetteurs. Cet ensemble permet d'une part d'obtenir la divergence de l'ensemble des faisceaux issus des différentes sources de la mosaïque (pour former l'image 30 agrandie) et, d'autre part, réciproquement, de focaliser le faisceau de pompage 48 sur chaque microlaser de la mosaïque.

La figure 5 représente de manière plus précise la disposition d'un ensemble de microlentilles 44 par rapport au dispositif élémentaire 24. L'axe d'émission de chacun des émetteurs microlasers élémentaires est 5 désigné sur cette figure 5 par la référence 24-1, 24-2, 24-3, 24-4. On peut remarquer, sur cette figure, que le pas des microlentilles est différent du pas des microlasers. Cette configuration permet "d'épanouir" les différents faisceaux afin d'agrandir l'image 10 projetée de la mosaïque : en effet, les centres optiques des différentes lentilles n'étant pas sur l'axe optique des microlasers, les faisceaux émis sont étalés. Un tel système permet la projection de faisceaux divergents 25-1, 25-2, 25-3, 25-4, et la 15 focalisation du faisceau de pompage en de multiple points, c'est-à-dire pour les différents microlasers.

Les mosaïques d'émetteurs présentent une géométrie planaire. Il est donc possible de réaliser un 20 pompage, comme pour les lasers de puissance, de type laser-disque. Une telle structure de pompage est décrite dans le document de A. Giesen et al., "Scalable concept for diode-pumped high-power solid-state lasers", Applied Physics, B58, p. 365-372 (1994).

25 Une structure de pompage planaire d'une mosaïque et de microlasers selon l'invention est représentée schématiquement en figure 6. Le faisceau de pompage d'une, ou de plusieurs, diodes de pompe 50, 52, ou d'un ensemble de diodes laser de puissance, est mis 30 en forme et homogénéisé par un système microoptique qui assure un "mélange" des différentes zones du front d'ondes initial par retournement d'images, par exemple du type de celui commercialisé avec des lasers à

excimères (par exemple : par SOPRA ou LAMBDA PHYSIK). Le faisceau d'émission de la matrice de microlasers est ensuite mis en forme par un système optique de projection 54 adapté à l'image voulue.

5

Un pompage de la mosaïque en configuration d'onde guidée est également possible. Ce type de pompage permet d'atteindre une forte densité de puissance de pompe grâce au milieu confiné. Cette forte puissance de pompe peut être nécessaire pour pomper efficacement un laser dont la température de fonctionnement risque d'être élevée, du fait des puissances mises en jeu (l'inversion de population des niveaux atomiques est défavorisée par la population thermique d'un quasi niveau fondamental). Une structure guidante, par exemple une couche de haut indice entre deux zones de plus bas indices, peut être obtenue par co-dopage du milieu amplificateur 2. Par exemple, pour un milieu amplificateur YAG: Nd³⁺, on peut réaliser une couche à fort dopage en néodyme sur le milieu actif laser, par croissance épitaxiale en phase liquide. La structure de pompage est alors celle illustrée en figure 7. Les diodes de pompage 50, 52 émettent un faisceau de pompage en direction de la couche guidante 54, formée à la surface du milieu actif laser 2. Le couplage des faisceaux des diodes laser avec la couche guidante 54 peut être réalisé par des prismes ou par des réseaux 56, 58 sur la surface de la couche 54.

Les projections d'images classiques (style Barco) produisent des flux lumineux de l'ordre de 1000 lm, qui représentent - en unité énergétique - une puissance voisine de 1,5W. Une telle puissance est facilement disponible avec des mosaïques de

microlasers. Ainsi, même pour une puissance de projecteur plus élevée, de l'ordre de 20W (pour une utilisation en lumière du jour), la puissance individuelle de chacun des microlasers n'excède pas 5 $20\mu\text{W}$ (valeur qui peut être comparée aux niveaux de puissance présentés en figure 2).

Pour avoir une bonne visibilité en lumière ambiante, il faut disposer d'une émittance d'image de 1000 lm/m^2 , ce qui implique un éclairement de 10 projecteur de 3000 lux sur l'écran. On en déduit la puissance de projecteur sur la base de $10 \text{ W}/\text{m}^2$, qui permet d'envisager des affichages de plusieurs m^2 , avec des mosaïques d'émetteurs de plusieurs dizaines de Watts.

15 Un point important pour l'utilisation de projecteurs aussi puissants à trait aux conditions de fonctionnement en sécurité oculaire. Celles-ci sont réalisées pour autant qu'un observateur ne puisse pas intercepter le faisceau trop près du projecteur. La 20 sécurité oculaire - classe 1 - impose une limite à 1 mW dans une pupille de 7 mm de diamètre, soit $26 \text{ W}/\text{m}^2$ (la puissance surfacique au droit de la mosaïque est tout de même de l'ordre du $10^4 \text{ W}/\text{cm}^2$ pour un projecteur de 20 W). Il faut donc ne pas risquer d'intercepter le 25 faisceau, issu du projecteur, tant que sa taille n'est pas d'au moins 1m^2 (pour le cas envisagé d'un projecteur de 20 W). Dans des conditions normales, la sécurité oculaire est parfaitement réalisée sur le plan de projection (éventuellement dans une zone de passage 30 de spectateurs) car l'éclairement n'excède pas $10 \text{ W}/\text{m}^2$.

Cette contrainte est sans commune mesure avec celle d'un projecteur laser à faisceau balayé. En effet, dans ce cas, c'est la pleine puissance du

faisceau (20 W) qui peut détruire l'oeil d'un observateur, même si la vitesse de balayage fait que le temps d'interaction est court.

5 Le système de projection qui a été décrit ci-dessus peut être utilisé en correspondance point à point avec des éléments d'une surface projetée : il y a alors autant d'éléments de la mosaïque d'émetteurs que de pixels de l'image. Un dispositif élémentaire de 10 projection d'images 60 peut également être utilisé en combinaison avec un dispositif de balayage 62. Dans ce cas, la mosaïque d'émetteurs est de taille inférieure à la surface projetée 64. Une configuration typique de ce dispositif pourrait alors être constituée d'une 15 mosaïque de lasers de seulement 1 millier d'émetteurs (environ 30x30 émetteurs en répartition au carré) associée à un dispositif de balayage 62 de l'ensemble des faisceaux.

Par rapport à la configuration point à point 20 déjà décrite, cette seconde configuration optimise un certain nombre de paramètres.

En particulier, le nombre plus restreint d'émetteurs de la mosaïque permet d'en réduire la taille.

25 Par ailleurs, la réduction de la taille de la mosaïque est aussi favorable à une configuration de pompage efficace. La configuration de pompage "laser-disque" est ainsi relativement aisée à mettre en oeuvre.

30 Lorsque l'on réduit le nombre d'émetteurs de la mosaïque, et afin de conserver la puissance d'ensemble, on cherche à augmenter la puissance des émetteurs individuels. Ceci peut sans difficulté être réalisé

puisque les émetteurs individuels peuvent atteindre une puissance de 10 mW (voir la figure 2), ce qui autorise une puissance d'ensemble de la mosaïque d'au moins 10W.

La surface balayée par chacun des faisceaux de la mosaïque n'est qu'une fraction de la surface projetée (1/nombre d'émetteurs). L'angle de balayage des faisceaux reste faible (de l'ordre du degré). Le balayage peut être réalisé (dans les deux dimensions) avec des dispositifs comme des prismes fluides (utilisés dans certains camescopes pour "contrer" les vibrations), ou des miroirs vibrants. Ces modes de défexion peuvent être utilisés simultanément sur l'ensemble des faisceaux dans la mesure où la "surface d'émission" est petite.

Dans cette configuration, comme un émetteur de la mosaïque "balaie" plusieurs points de l'image, celui-ci est modulé (PWM) à une fréquence supérieure à celle du rafraîchissement de l'image : typiquement cette fréquence est de 100 Hz x nombre de points, soit de l'ordre de quelques centaines de kHz. Ceci est encore accessible aux techniques MOEMS, et de toute façon réalisable avec des techniques de modulation comme celle décrite dans le document US 5 502 737.

La divergence des faisceaux (entre-eux) sera avantageusement obtenue par une configuration d'optique de projection de type micro-optique, comme celle présentée sur la figure 5.

Dans cette configuration avec balayage, il est également possible de réaliser la superposition de faisceaux d'émetteurs individuels, par exemple suivant les méthodes déjà décrites ci-dessus (par exemple : cube séparateur). On peut également superposer les faisceaux par simple proximité des mosaïques, celles-ci

étant plus petites et l'erreur de parallaxe restant faible.

REVENDICATIONS

1. Dispositif élémentaire de projection d'images, comportant une pluralité de sources microlasers disposées en matrice, chaque source 5 comportant une cavité délimitée par un miroir d'entrée (8) et un miroir de sortie (6), ainsi qu'un milieu actif laser (2) et des moyens (10, 12) pour moduler, en intensité, chaque source microlaser.
2. Dispositif de projection d'images selon la 10 revendication 1, chaque source microlaser étant munie de moyens (4) de déclenchement passif.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, comportant en outre des moyens (20) de doublage en fréquence du rayonnement émis par les sources 15 microlasers.
4. Dispositif selon la revendication 3, les moyens (20) de doublage en fréquence étant disposés à l'intérieur de chaque cavité microlaser.
5. Dispositif selon la revendication 3, les 20 moyens (20) de doublage en fréquence étant disposés à l'extérieur de chaque cavité microlaser.
6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, les microlasers de la matrice étant disposés suivant un pas de 50µm.
- 25 7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, la longueur de chaque cavité microlaser étant inférieure ou égale à 0,8mm.
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, les moyens (10, 12) pour moduler en 30 intensité chaque source microlaser étant des moyens permettant de faire passer la cavité d'état stable à instable, et réciproquement.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, l'un des miroirs (8) de chaque unité microlaser étant mobile et inclinable, ou déformable.

10. Dispositif selon la revendication 9, le miroir mobile ou déformable étant réalisé sur une membrane déformable (10), commandée par un circuit d'adressage (12).

11. Dispositif selon la revendication 10, la membrane (10) étant réalisée en silicium.

10 12. Dispositif selon la revendication 11, l'épaisseur de la membrane (10) étant inférieure à 0,5µm.

15 13. Dispositif de projection d'images comportant plusieurs dispositifs élémentaires (22, 24, 26) selon l'une des revendications 1 à 12, chaque dispositif élémentaire émettant à une longueur d'onde déterminée, différente de celle à laquelle émet chaque autre dispositif élémentaire.

20 14. Dispositif de projection d'images selon la revendication 13, comportant des moyens (28) pour faire se recouvrir les faisceaux émis par les différents dispositifs élémentaires.

25 15. Dispositif de projection d'images selon la revendication 14, les moyens (28) pour faire se recouvrir les faisceaux émis par les dispositifs élémentaires comportant un coin de cube.

16. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 15, comportant un ensemble de trois dispositifs élémentaires (22, 24, 26).

30 17. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, comportant en outre des moyens (30, 32) pour former un faisceau de pompage optique du milieu actif laser du dispositif élémentaire de projection d'images

ou de chaque dispositif élémentaire de projection d'images, chaque dispositif élémentaire présentant une surface d'émission, par laquelle sont émis les faisceaux des microlasers de ce dispositif élémentaire, 5 le faisceau de pompage optique pénétrant dans chaque dispositif élémentaire normalement à sa surface d'émission.

18. Dispositif selon la revendication 17, chaque dispositif élémentaire étant en outre muni d'un 10 ensemble de microlentilles (42, 44, 46), placé en face de sa surface d'émission.

19. Dispositif selon la revendication 18, les microlentilles étant disposées selon un pas différent de celui des sources microlasers.

15 20. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, comportant en outre des moyens (50, 52) pour former un faisceau de pompage optique du milieu actif laser du dispositif élémentaire de projection d'images ou de chaque dispositif élémentaire, et des moyens de 20 mise en forme du faisceau de pompage, pour réaliser un pompage en configuration laser-disque.

21. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, comportant en outre des moyens pour former un faisceau de pompage optique du milieu actif laser du 25 dispositif élémentaire de projection d'images, ou de chaque dispositif élémentaire, et des moyens (54, 56, 58) de guidage du faisceau de pompage vers, le ou les, microlaser(s).

22. Dispositif selon la revendication 21, les 30 moyens (54, 56, 58) de guidage comportant une couche de haut indice de réfraction entre deux zones de plus bas indice de réfraction.

23. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 22, comportant en outre un dispositif (62) de balayage des faisceaux émis par les microlasers du dispositif élémentaire (60).

5 24. Dispositif selon la revendication 23, excepté la revendication 6, le pas entre chaque émetteur microlaser du dispositif élémentaire (60) étant de 100µm.

10 25. Dispositif selon la revendication 23 ou 24, le dispositif (62) de balayage comportant des prismes fluides ou des miroirs vibrants.

1 / 3

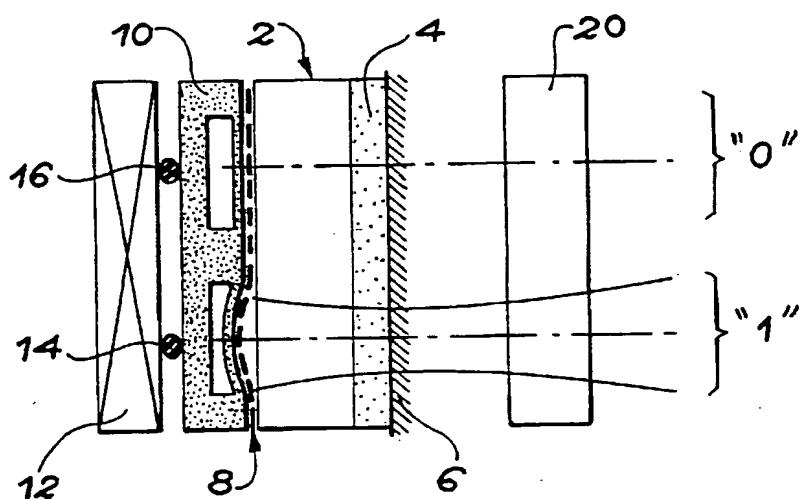


FIG. 1

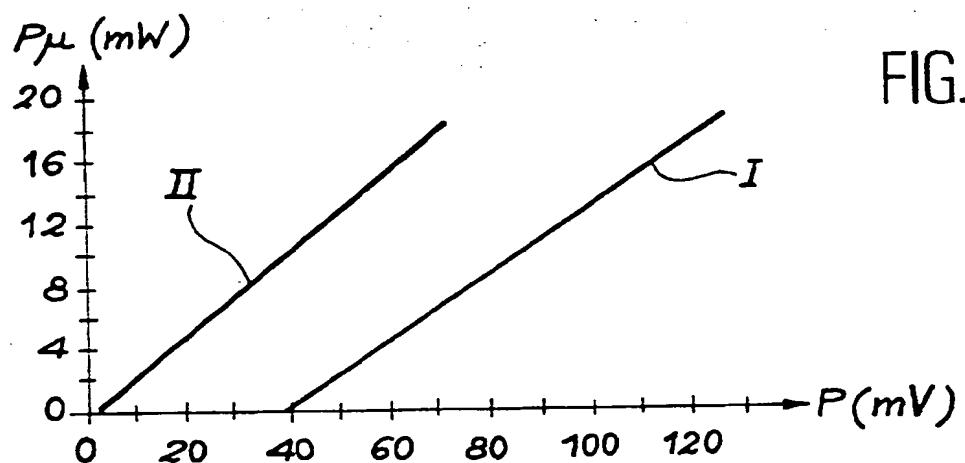


FIG. 2

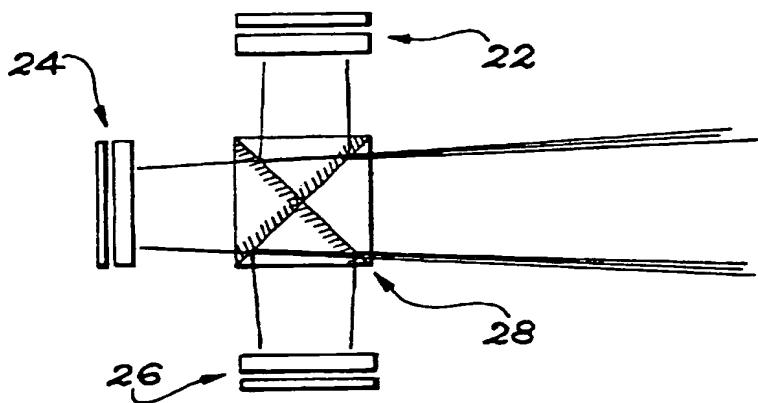


FIG. 3

2 / 3

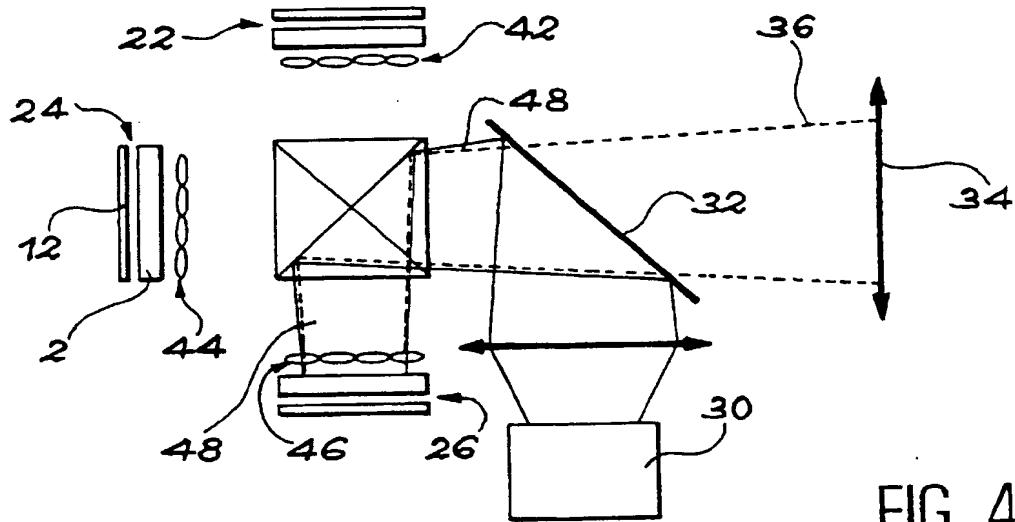


FIG. 4

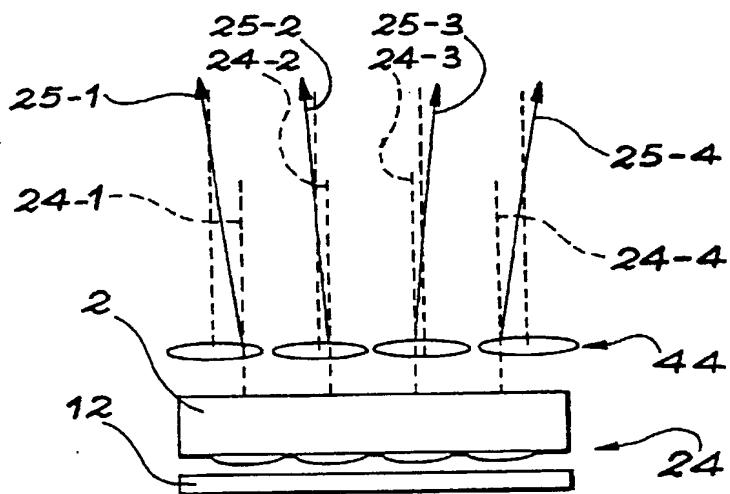


FIG. 5

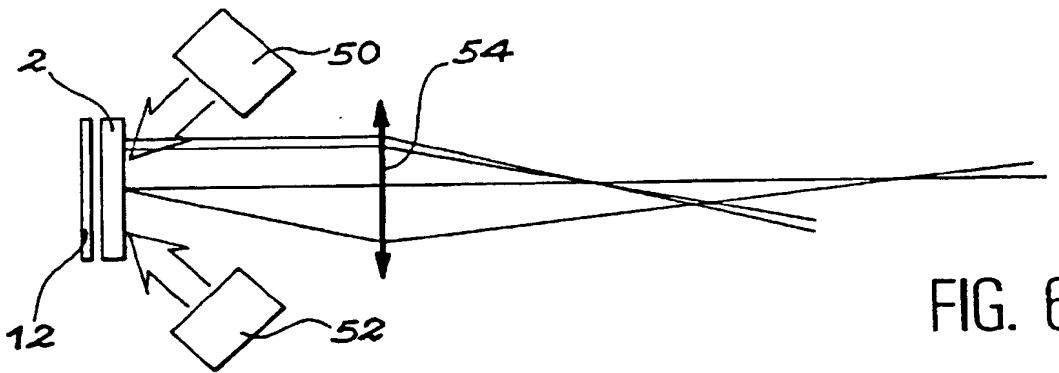


FIG. 6

3 / 3

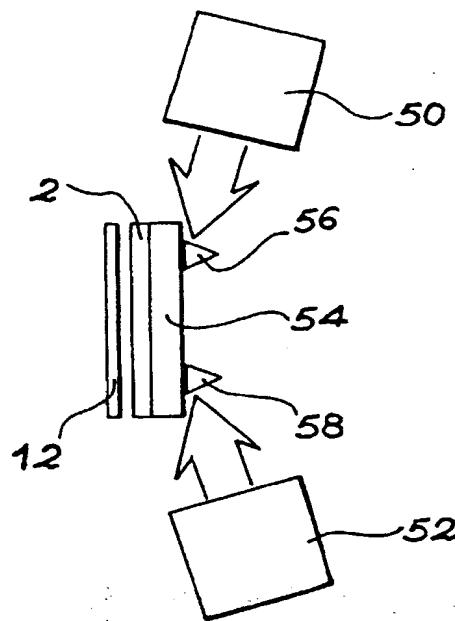


FIG. 7

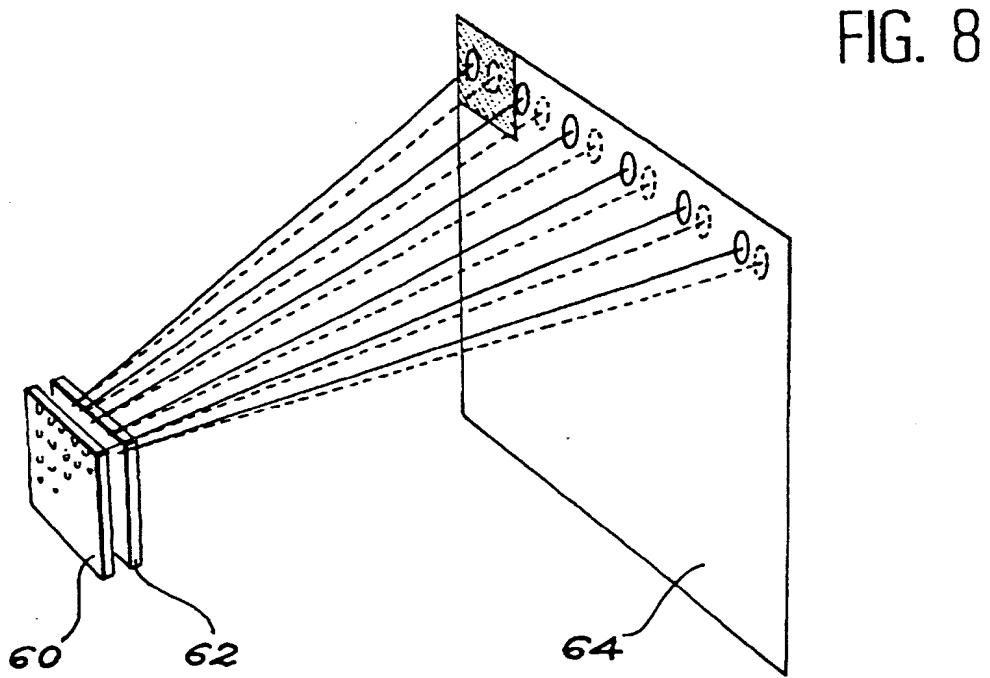


FIG. 8

REPUBLIQUE FRANCAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheN° d'enregistrement
nationalFA 564125
FR 9810141

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 534 950 A (HARGIS DAVID E ET AL) 9 juillet 1996 * abrégé; figures 1,3,9,10 * * colonne 4, ligne 48 - ligne 61 * * colonne 5, ligne 32 - colonne 7, ligne 12 * * colonne 9, ligne 27 - colonne 11, ligne 32 * * revendications * idem	1,3-7, 13-16, 23,24 8-12,17, 20
X	US 5 488 619 A (INJEFAN HAGOP ET AL) 30 janvier 1996 * abrégé; figures 1,2 * * colonne 3, ligne 22 - colonne 4, ligne 52 * —	1,3,5
Y	US 5 572 543 A (HEINEMANN STEFAN ET AL) 5 novembre 1996 * abrégé; figure 7 * * colonne 6, ligne 13 - ligne 20 * * colonne 6, ligne 50 - ligne 57 * —	8-12
Y,D	GIESEN A ET AL: "Scalable concept for diode-pumped high-power solid-state lasers" APPLIED PHYSICS B (LASERS AND OPTICS), MAY 1994, GERMANY, vol. B58, no. 5, pages 365-372, XP000452026 ISSN 0721-7269 * chapitre 2.1; figure 4 * —	17,20
A,D	EP 0 742 615 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 13 novembre 1996 * abrégé; revendications 1,3,4,9,13 * —	1-4,8
1	Date d'achèvement de la recherche 29 avril 1999	Examinateur Iasevoli, R
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		